

NOÇÕES BÁSICAS SOBRE TUBOS DE AÇO CARBONO COM COSTURA

1. INTRODUÇÃO

2. FABRICAÇÃO DE TUBOS

3. NORMAS DE FABRICAÇÃO

4. INFORMAÇÕES TÉCNICAS

- 4.1 - Cálculo do Peso Teórico
- 4.2 - Raio de Canto teórico dos Tubos Quadrados e Retangulares
- 4.3 - Cálculo do Diâmetro equivalente de um Perfil Quadrado
- 4.4 - Cálculo do Diâmetro equivalente de um Perfil Retangular
- 4.5 - Cálculo do Peso Teórico de Tubo Quadrado
- 4.6 - Cálculo do Peso Teórico de Tubo Retangular
- 4.7 - Diâmetro Nominal / Real e Schedule

Anexo Fluxograma de Fabricação extraído de catálogos da Pérsico Pizzamiglio SA

1. INTRODUÇÃO

Este artigo foi escrito com o objetivo de fornecer as informações básicas que profissionais da área de hidráulica devem ter sobre tubos de aço com costura.

2. FABRICAÇÃO DE TUBOS

Os tubos que iremos comentar, são chamados de “com costura”. Esta é uma denominação errônea para o material, porém o nome se consolidou tal como “xerox”. Esta denominação veio de muito tempo atrás, quando o processo utilizado era de baixa frequência (50 ou 60 hz) o que dava ao material uma aparência de material “costurado”. Hoje o processo é realizado com solda longitudinal pelo processo E.R.W. (Solda por Resistência Elétrica) com alta frequência.

Este processo garante a homogeneidade da matéria-prima com a solda, o que confere excelentes características aos produtos.

Os processos de fabricação para obtenção do produto final variam de acordo com a norma em que o tubo vai ser fabricado.

Os tubos podem ser produzidos em uma variada gama de matérias-primas (tipo de aço utilizado), que são normalmente fornecidas segundo especificações ASTM (American Society for Testing and Materials), DIN (Deustaches Institute for Normuns), API (American Petroleum Institute), AISI (American Institute of Steel and Iron), SAE (Society of Automotive Engineers), ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e outras.

A matéria-prima utilizada é comprada em forma de bobinas, que são classificadas em dois grandes grupos:

- **BF - BOBINA LAMINADA A FRIO:** possuem uma cor clara, sendo necessário alguns cuidados especiais aos tubos produzidos nesta matéria-prima, pois ela é altamente susceptível a oxidação (corrosão, ferrugem).

Os tubos devem ser armazenados e transportados sempre evitando a umidade, senão tendem a amarelar, o que pode causar sérias conseqüências na utilização final sobre o produto.

Estas bobinas são produzidas normalmente em espessuras abaixo de 2,00 mm e possuem melhor tolerância dimensional e acabamento. Devido seu processo de fabricação ser maior que as BQ, seu custo final é maior.

- **BQ - BOBINA LAMINADA A QUENTE:** Possuem uma cor escura e são menos susceptíveis a oxidação.

Os tubos podem ser armazenados e transportados em condições normais até mesmo em céu aberto (por pouco tempo) sem ter sua qualidade prejudicada.

Estas bobinas são produzidas normalmente em espessuras acima de 2,00 mm e não possuem uma tolerância dimensional tão restrita quanto as BF, sendo que são também denominadas de BG (Bobinas Grossas), quando a espessura for superior a 5,00 mm.

Quando for necessário em uma espessura de BQ uma melhor condição dimensional podemos fazer uma relaminação a frio da chapa. Este processo também é utilizado para se obter espessuras não fornecidas pelas Usinas.

As chapas relaminadas a frio são chamadas de RL.

Quando os tubos de condução são zincados a quente (galvanizados a fogo como são popularmente conhecidos) não temos a preocupação com a superfície do tubo. Devemos apenas tomar pequenos cuidados quanto ao seu armazenamento.

A verificação da qualidade da solda e/ou do produto final pode ser feita através de ensaios destrutivos (Anexos 11 a 18) e/ou ensaios não destrutivos, que podem ser:

ELETROMAGNÉTICO: através de correntes parasitas testa o tubo quanto a descontinuidades. Não garante a estanqueidade, porém é admitido como o teste opcional ao hidrostático na maioria das normas de condução devido a sua grande velocidade de execução.

HIDROSTÁTICO: Consiste em testar o tubo a uma determinada pressão hidráulica para garantir a estanqueidade do tubo.

ENSAIOS DESTRUTIVOS: durante o processo de fabricação são realizados vários ensaios mecânicos destrutivos em amostras retiradas durante a produção, tais como alargamento, flangeamento etc.

3. NORMAS DE FABRICAÇÃO

Existe uma gama muito grande de fabricação de tubos de aço com costura que serão citados aqui, porém os que realmente nos interessam são os de condução que será a linha que iremos trabalhar (creio que seja interessante o conhecimento sobre outros tipos para saber da sua existência).

Os tubos de aço carbono com solda longitudinal são divididos em:

A. Industriais

São produzidos para as mais diversas aplicações, desde tubos sem requisitos até tubos para troca térmica e estruturais.

NBR 6591

Tubos para aplicações diversas sem exigência de acabamento e propriedades mecânicas, com composições químicas definidas.

DIN 1615

Tubos não sujeitos a requisitos especiais, na matéria prima ST 33 (baixo carbono).

ASTM A-513

Tubos para uso mecânico, nos tipos 1 (BQ) e 2 (BF), com propriedades mecânicas e composição química definidas.

A-500

Tubos para uso estrutural em vários graus de matéria prima, com propriedades mecânicas definidas.

BS 4474

Tubos estruturais fabricados a partir da matéria prima laminada a quente.

ASTM A-214

Tubos com composição química definida para trocadores de calor e condensadores.

ASTM A-178

Tubos para caldeiras, superaquecedores e vasos de pressão, em vários graus de matéria prima..

Os requisitos de propriedades mecânicas não se aplicam a tubos de diâmetro interno menor que 3,2 mm e espessura de parede menor que 0,4 mm.

DIN 1626

Tubos sujeitos a requisitos especiais, para pressões máximas definidas e temperaturas de trabalho de até 300 graus C., com composições químicas definidas.

DIN 1628

Tubos de alta performance, normalmente sem limite de pressão de trabalho, porém, deve ser usado a temperatura de no máximo 300 graus C., com composições químicas definidas.

NFA 49-643

Tubos comerciais de qualidades 1 (não decapados) e 2 (decapados) e nas tolerâncias classes 1 e 2 , com composições químicas definidas e seções (para classes):

- Redonda
- Quadrada
- Retangular

B. Precisão

São utilizados onde é necessário precisão dimensional e/ou boa qualidade superficial.

DIN 2393

Tubos de precisão interna e externa, com composições químicas e propriedades mecânicas definidas, nos graus de qualidade A, B ou C.

Podem ainda ser fornecidos nos estados BK (sem tratamento térmico após a última de formação a frio), BKW (pequeno passe de trefila após o último tratamento térmico), GBK (recozido em atmosfera controlada) ou NBK (normalizado em atmosfera controlada).

DIN 2394

Tubos de precisão externa, com composições químicas e propriedades mecânicas definidas e nos graus de qualidade A, B ou C.

Podem ainda ser fornecidos nos estados BKM (sem tratamento térmico após a calibração), GBK (recozidos em atmosfera controlada) ou NBK (normalizado em atmosfera controlada).

DIN 2395

Tubos de precisão para uso geral, nas seções quadradas e retangulares, com composições químicas definidas e nos graus de qualidade A ou B.

Podem ainda ser fornecidos nos estado M (sem tratamento após o bitolamento), BKM (como o M, porém brilhante) ou para o grau B pode ser também NBK (recozido em atmosfera controlada).

NBR 5599

Tubos de precisão interna e externa, com composições químicas e propriedades mecânicas definidas, e em vários graus de matéria prima.

Podem ainda ser fornecidos nos estados TD (Trefilado Duro), TM (Trefilado Macio), RB (Recozido Branco), RD (Recozido Decapado), NB (Normalizado Branco) e ND (Normalizado Decapado).

C. Condução

São utilizados para condução de gases e líquidos não corrosivos e sólidos em suspensão. As normas de tubos de condução que realmente são mais utilizados estão destacados em itálico.

Vide também fluxogramas com processo de fabricação de tubos de condução preto com ponta biselada (sem rosca, próprio para soldagem ou posterior roscamento) ou galvanizado com ponta roscada e luva.

ASTM A-135

Tubos de condução nos graus A e B, com composição química e propriedades mecânicas definidas. Sendo o de grau A apto a ser dobrado ou flangeado.

São normalmente fornecidos no SHC 10, com diâmetro nominal variando de 3/4 a 5".

Pode ser fornecido com extremidades lisas, chanfradas ou com rosca (com ou sem luva).

ASTM A-53

Tubos de condução nos graus A e B, com composição química e propriedades mecânicas definidas. Sendo o de grau A apto a ser dobrado, flangeado e serpentinado; e o grau B podendo sofrer dobramento e flangeamento limitados.

São fornecidos normalmente nos SCH 40 e SCH 80.

Pode ser fornecido com extremidades lisas, chanfradas ou com rosca (com ou sem luva).

Esta norma é praticamente igual a norma brasileira NBR 5590.

ASTM A-120 (apesar de ainda comprado esta norma foi em 1989 englobada pela ASTM A-53)

Tubos de condução, sem matéria prima especificada, normalmente nos SCH 40 e SCH 80.

Podem ser fornecidos com extremidades lisas, chanfradas ou com rosca (com ou sem luva).

DIN 2440

Tubos de condução, sem materia prima especificada, para pressões de no máximo 25 Kgf/cm² para líquidos e 10 Kgf/cm² para ar e gases não perigosos.

Podem ser fornecidos com extremidades lisas, chanfradas ou com rosca (com ou sem luva).

Esta norma é praticamente igual a norma brasileira NBR 5580 classe M.

DIN 2441

Tubos de condução, sem matéria prima especificada, para pressões de no máximo 25 Kgf/cm² para líquidos e 10 Kgf/cm² para ar e gases não perigosos.

Podem ser fornecidos com extremidades lisas, chanfradas ou com rosca (com ou sem luva).

Esta norma é praticamente igual a norma brasileira NBR 5580 classe P.

BS 1387

Tubos de condução, com composição química e propriedades mecânicas definidas, nas classes leve, media e pesada.

Podem ser fornecidos com extremidades lisas, chanfradas ou com rosca (com ou sem luva).

Esta norma é praticamente igual a norma brasileira NBR 5580.

NBR 5580

Tubos de condução, sem matéria prima especificada, nas séries leve, media e pesada.

Podem ser fornecidos com extremidades lisas, chanfradas ou com rosca (com ou sem luva).

Para um pequeno resumo desta norma podemos consultar o nosso catálogo técnico de conexões

NBR 5590

Tubos de condução nos graus A e B, com composição química e propriedades mecânicas definidas. Sendo o de grau A apto a ser dobrado, flangeado e serpentinado; e o grau B podendo sofrer dobramento e flangeamento limitados.

São fornecidos normalmente nas Série 40 e Série 80.

Pode ser fornecido com extremidades lisas, chanfradas ou com rosca (com ou sem luva).

Para um pequeno resumo desta norma podemos consultar o nosso catálogo técnico de conexões

NF A 49-141

Tubos de condução, com composição química definida, com pressão máxima admissível de uso de 36 bar à temperatura ambiente.

Possuem as extremidades lisas.

NF A 49-145

Tubos de condução, com propriedades mecânicas definidas nas séries leve, média e pesada.

Podem ser fornecidos com extremidades lisas, chanfradas ou com rosca (com ou sem luva).

JIS G 3456

Tubos de condução, com propriedades mecânicas definidas.

Podem ser fornecidos com extremidades lisas, chanfradas ou com rosca (com ou sem luva).

D. Petrolíferos

Usados para exploração, produção e condução de petróleo, seus derivados, sub produtos e equivalentes.

Vide também fluxograma de fabricação.

API 5 CT

Tubos destinados a revestimento de poços (CASING) e a produção (TUBING).

Podem ser fornecidos em vários graus de matéria prima.

API 5 L

Tubos para condução de fluidos em refinaria de petróleo, transporte de água, gás natural ou mesmo outros gases.

Podem ser fornecidos em vários graus de aço.

E. Eletrodutos

São utilizados para a proteção de condutores elétricos (cabos e fios).

ANSI C 80.1

Tubos galvanizados para proteção de condutores elétricos.

Não possuem matéria prima definida, porém são aptos de serem curvados.

Podem ser fornecidos com pontas lisas ou com rosca (com ou sem luva).

NBR 5597

Tubos galvanizados nas séries extra e pesada, para proteção de condutores elétricos. O aço utilizado é de baixo teor de carbono e eles são aptos a serem curvados.

Podem ser fornecidos com pontas lisas ou com rosca (com ou sem luva).

NBR 5598

Tubos galvanizados para proteção de condutores elétricos. O aço utilizado é de baixo teor de carbono e eles são aptos a serem curvados.

Podem ser fornecidos com pontas lisas ou com rosca (com ou sem luva).

OBS:

1. Muitas vezes os distribuidores e compradores utilizam alguns termos errados. Os principais são:
 - Querem um tubo SCH (se lê schedule), por exemplo um tubo SCH 40 de 1" significa um tubo ASTM A 53 SCH 40 de 1", onde o NBR 5590 Série 40 é o mesmo tubo. Algumas poucas vezes, o comprador ou especificador quando pede SCH pode também estar querendo um tubo sem costura.
 - Querem um tubo médio ou pesado é o mesmo que estar querendo um tubo NBR 5580 classe média ou pesada.
2. As normas MERCOSUL ainda não foram citadas pois apesar de muitas já tratadas ainda não foram publicadas oficialmente.
3. As normas acima citadas foram objeto de uma pesquisa realizada em 1992, não tendo sido feita uma atualização para este trabalho, porém não creio que tenha havido mudanças substanciais em alguma norma.

4 - INFORMAÇÕES TÉCNICAS

4.1 Cálculo do Peso Teórico de um Tubo Redondo de Aço Carbono

$$P = 0,0246615 \times (D - e) \times e$$

Sendo:

P = Peso do tubo em Kg/metro.

D = Diâmetro externo do tubo em mm.

e = Espessura da parede do tubo em mm.

Obs: estamos considerando tubos de aço preto e não galvanizados onde teremos um pequeno acréscimo no peso por metro

4.2 Raio de Canto Teórico dos Tubos Quadrados e Retangulares .

Normalmente os fabricantes possuem um padrão interno para a fabricação de tubos quadrados e retangulares de forma que o seu raio de canto deva ser de aproximadamente duas vezes a espessura de parede. Este valor também é especificado em algumas normas de fabricação.

Ex: Raio de Canto na norma ASTM A 500, até 3 vezes a espessura (máximo admitido).

O raio de canto poderá ser maior ou menor que o mencionado anteriormente dependendo da exigência da norma ou do processo de fabricação.

4.3 Cálculo do Diâmetro Equivalente de um Perfil Quadrado

Para se saber qual é o diâmetro de origem de um tubo quadrado devemos utilizar a seguinte fórmula:

Sendo:

$$De = 1,27 \times L$$

De = Diâmetro Equivalente

L = Lado do Perfil Quadrado

OBS.: Consideramos o raio de canto igual a 2 vezes a espessura.

4.4 Cálculo do Diâmetro Equivalente de Perfil Retangular

Para saber qual é o diâmetro de origem de um tubo retangular, devemos utilizar a seguinte fórmula:

Sendo:

$$De = 1,27 \times (L1 + L2) / 2$$

De = Diâmetro Equivalente

L1 = Lado Maior do Perfil Retangular

L2 = Lado Menor do Perfil Retangular

OBS.: Consideramos o raio de canto igual a 2 vezes a espessura.

4.5 Cálculo do Peso Teórico de um Tubo Quadrado

$$P = 0,0246615 \times (1,27 \times L - e) \times e$$

Sendo:

P = Peso em kg/metro

L = Lado do Quadrado (mm)

e = espessura do Tubo (mm)

4.6 Cálculo do Peso Teórico de um Tubo Retangular

$$P = 0,0246615 \times (1,27 \times \frac{L1 + L2}{2} - e) \times e$$

P = Peso em kg/metro

L1 = Lado maior (mm)

L2 = Lado menor (mm)

e = Espessura (mm)

4.7 Diâmetro Nominal / Real e Schedule

- **Diâmetro Nominal**, também chamado de "Tamanho Nominal", é o termo consagrado comercialmente para designação do diâmetro dos tubos de condução, eletroduto e petrolífero.

Às vezes é também designado como "Bitola", porém na terminologia técnica brasileira, o termo "bitola" deve ser evitado.

OBS.: O diâmetro nominal não corresponde a medida efetiva ou real da circunferência externa do tubo, vide tabela abaixo.

DIÂMETRO EXTERNO (mm) para tubos de condução

DIÂMETRO NOMINAL	TAMANHO NOMINAL	ASTM A120/A135	BS 1387	DIN 2440	NBR 5580	NBR 5590
1/8	6			10,20	10,20	10,29
¼	8		13,50	13,50	13,50	13,72
3/8	10		17,20	17,20	17,20	17,25
½	15	21,30	21,30	21,30	21,30	21,34
¾	20	26,70	26,90	26,90	26,90	26,67
1	25	33,40	33,70	33,70	33,70	33,40
1 1/4	32	42,20	42,40	42,40	42,40	42,16
1 1/2	40	48,30	48,30	48,30	48,30	48,26
2	50	60,30	60,30	60,30	60,30	60,32
2 1/2	65	73,00	76,10	76,10	76,10	73,03
3	80	88,90	88,90	88,90	88,90	88,90
3 1/2	90	101,60	101,60	101,60	101,60	101,60
4	100	114,30	114,30	114,30	114,30	114,30
5	125	141,30	139,70	139,70	139,70	141,30
6	150	168,30	165,10	165,10	165,10	168,28

DIÂMETRO EXTERNO (mm) para eletrodutos de aço

DIAMETRO NOMINAL	TAMANHO NOMINAL	NBR 5597	NBR 5598	ANSI C 80
1/8	6			
¼	8			
3/8	10	17,1	17,2	17,1
½	15	21,3	21,3	21,3
¾	20	26,7	26,9	26,7
1	25	33,4	33,7	33,4
1 1/4	32	42,2	42,4	42,2
1 1/2	40	48,3	48,3	48,3
2	50	60,3	60,3	60,3
2 1/2	65	73,0	76,1	73,0
3	80	88,9	88,9	88,9
3 1/2	90	101,6	101,6	101,6
4	100	114,3	114,3	114,3
5	125	141,3	139,7	141,3
6	150	168,3	165,1	168,3

- **Schedule** é a denominação dada ao resultado arredondado a dezena calculado pela fórmula:

$$SCH = P / S$$

onde P é a pressão de trabalho do tubo e S é a tensão (pressão) correspondente a 60% do limite de escoamento do material a 20 Graus C. Portanto para um mesmo diâmetro externo de um tubo de condução, quanto maior o SCH maior a espessura de parede em relação ao seu diâmetro.

O Schedule define, portanto, a espessura de parede do tubo de condução, sendo que os valores estabelecidos para cada Schedule (espessura) nos vários diâmetros são tabulados e convencionados nas normas correspondentes (para maiores informações sobre SCH veja também o Boletim Técnico número 3 da Engenharia de Aplicação).

Por exemplo, os tubos das normas americanas (carbono - ASTM), seguem o padrão definido na norma ANSI B 36.10 (a norma brasileira NBR 5590 também segue este padrão).

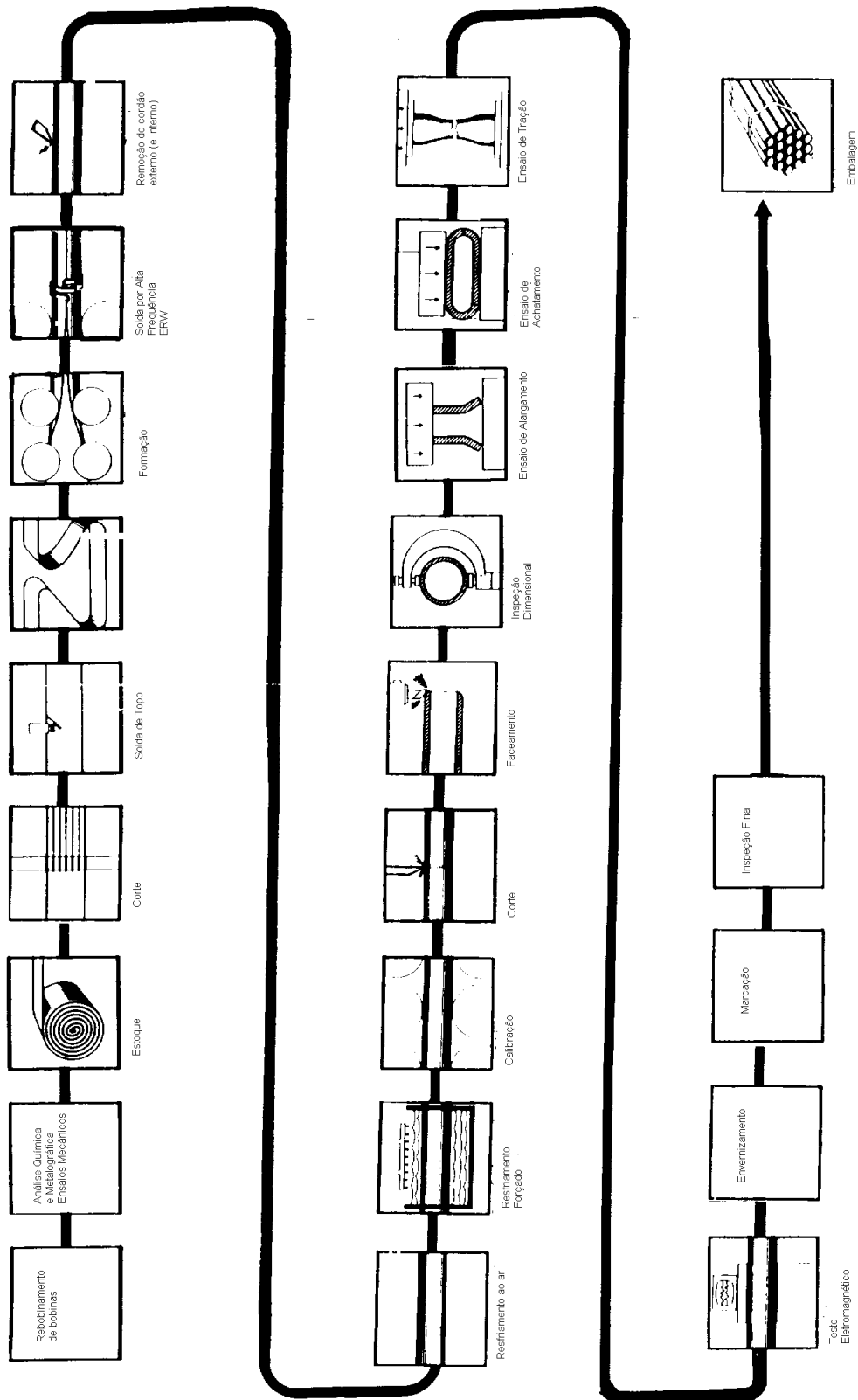
Nas normas européias (DIN, BS e outras), bem como nas normas brasileiras (ABNT) não é comum a designação das espessuras em Schedule e sim conforme recomendação da ISSO (INTERNACIONAL STANDARDIZATION ORGANIZATION) que estabelece classes de espessuras, que são definidas conforme tabela de cada norma.

Por exemplo, na NBR 5580 temos classes leve, média e pesada.

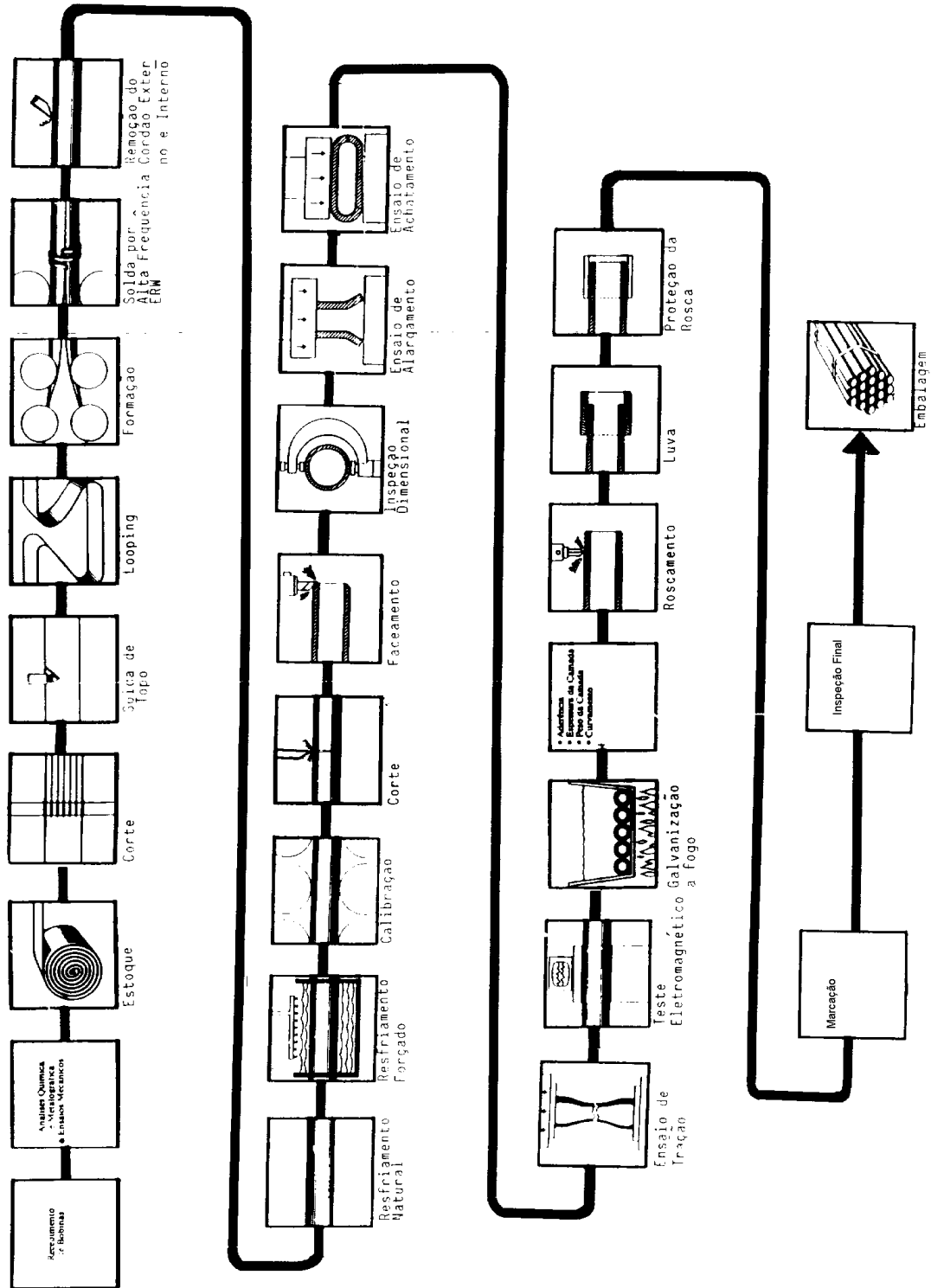
A tabela a seguir fornece a espessura de parede dos tubos em função do diâmetro nominal (em polegadas) e o Schedule.

DIAMETRO NOMINAL	SCH 40	SCH 80
1/8	1,73	2,41
1/4	2,24	3,02
3/8	2,31	3,20
1/2	2,77	3,73
3/4	2,87	3,91
1	3,38	4,55
1 1/4	3,56	4,85
1 1/2	3,68	5,08
2	3,91	5,54
2 1/2	5,16	7,01
3	5,49	7,62
3 1/2	5,74	8,08
4	6,02	8,56
5	6,55	
6	7,11	

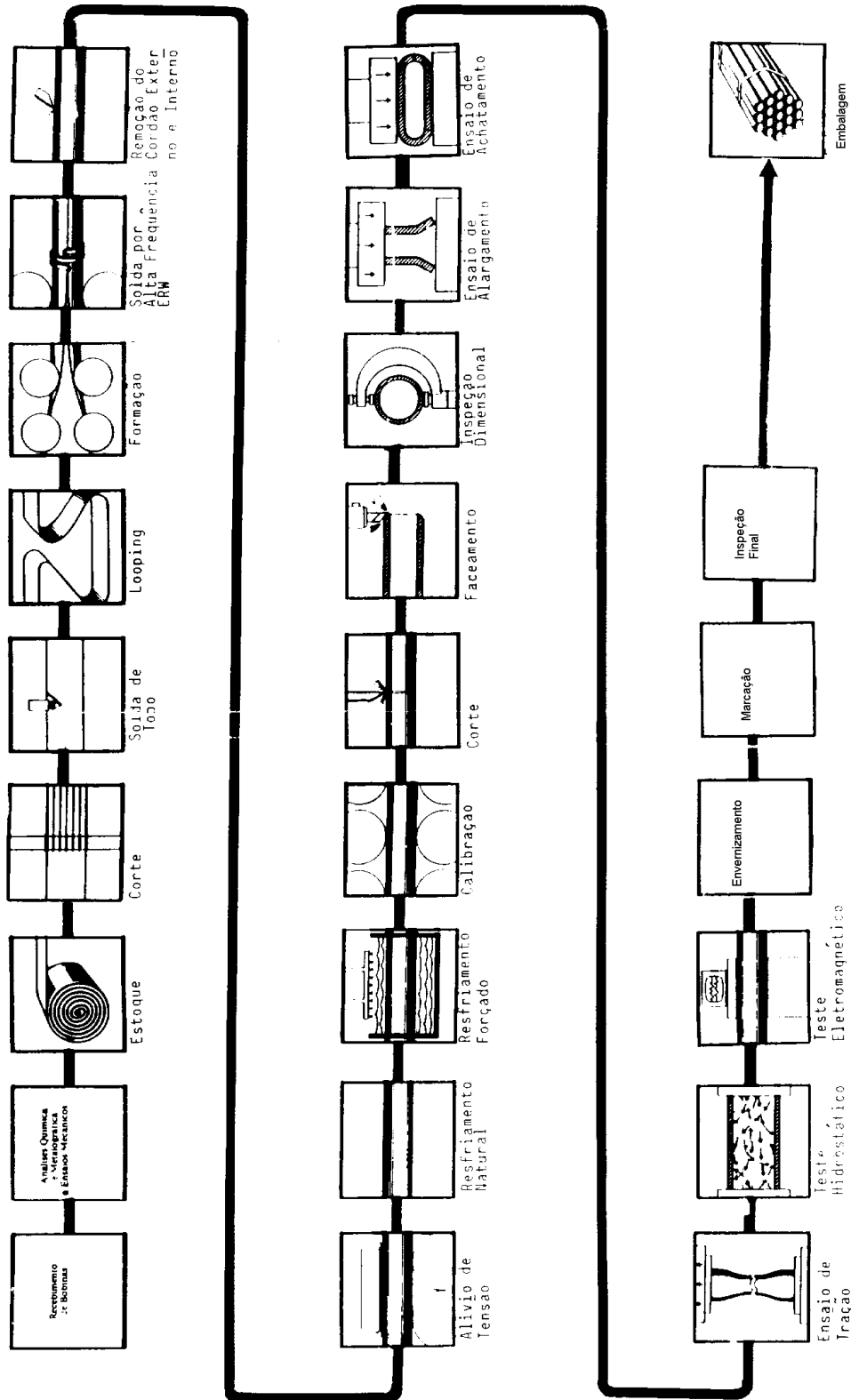
FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO TUBOS DE CONDUÇÃO PPB



FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO - TUBOS DE CONDUÇÃO GRL



FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO - TUBOS PETROLÍFEROS



É permitida a reprodução total ou parcial deste artigo, desde que citada a fonte e o autor. Para maiores informações entrar em contato com ciropiza@osite.com.br